

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2004 EPO. All rts. reserv.

11714000

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 6097102 A2 940408 <No. of Patents: 001>

**LASER ANNEALING METHOD AND DYE LASER DEVICE** (English)

Patent Assignee: HITACHI LTD

Author (Inventor): TAKEHISA KIWAMU; KUWABARA KOJI; YANO MAKOTO

IPC: \*H01L-021/268; H01S-003/00; H01S-003/02; H01S-003/092

CA Abstract No: 121(16)190875B

Derwent WPI Acc No: C 94-154563

JAPIO Reference No: 180359E000016

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
JP 6097102	A2	940408	JP 92242989	A	920911 (BASIC)

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 92242989 A 920911

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04453202      \*\*Image available\*\*

**LASER ANNEALING METHOD AND DYE LASER DEVICE**

**PUB. NO.:**      **06-097102** [JP 6097102 A]

**PUBLISHED:**      April 08, 1994 (19940408)

**INVENTOR(s):**   TAKEHISA KIWAMU

                 KUWABARA KOJI

                 YANO MAKOTO

**APPLICANT(s):** HITACHI LTD [000510] (A Japanese Company or Corporation), JP  
(Japan)

**APPL. NO.:**      04-242989 [JP 92242989]

**FILED:**           September 11, 1992 (19920911)

**INTL CLASS:**    [5] H01L-021/268; H01S-003/00; H01S-003/02; H01S-003/092

**JAPIO CLASS:**   42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components)

**JAPIO KEYWORD:** R002 (LASERS)

**JOURNAL:**        Section: E, Section No. 1574, Vol. 18, No. 359, Pg. 16, July  
                 06, 1994 (19940706)

**ABSTRACT**

**PURPOSE:** To allow high quality annealing on the entire surface of an Si substrate of several tens cm square by simply irradiating the silicon film with single pulse of dye laser beam pumped through a flash lamp without requiring excimer laser.

**CONSTITUTION:** A silicon film 12c is annealed by means of a dye laser 9 pumped through a flash lamp. For example, a dye solution containing coumarin based dye is employed as a laser medium and xenon flash lamps 5a, 5b are employed as pumping light source. The xenon flash lamps 5a, 5b are inserted into tubes 6a, 6b applied with coating which exhibits high transmittance in the wavelength band lower than 0.5. $\mu$ m while exhibits high reflectance in the wavelength band higher than 0.5. $\mu$ m. The dye laser device 2 further comprises dye cells 3, each including two parallel plane glasses, and the laser beam advances in zigzag while repeating total reflection on the outer side faces thereof.

(51) Int. Cl. <sup>8</sup>

識別記号

F 1

H01L 21/268

B 8617-4M

H01S 3/00

B 8934-4M

3/02

3/092

8934-4M

8934-4M

H01S 3/02

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全5頁)

(21) 出願番号

特願平4-242989

(22) 出願日

平成4年(1992)9月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 武久 究

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日

立製作所日立研究所内

(72) 発明者 桑原 皓二

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日

立製作所日立研究所内

(72) 発明者 矢野 眞

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日

立製作所日立研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

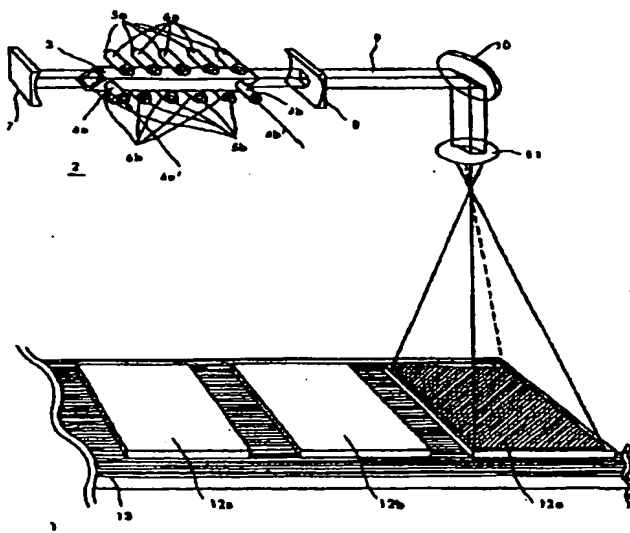
(54) 【発明の名称】 レーザアニールの方法及び色素レーザー装置

(57) 【要約】

【構成】 レーザアニールに用いられるキセノンフラッシュランプ5a、5bを励起光源とする色素レーザー装置2では、クマリン系の色素溶液が用いられている。発振するレーザー光9の出力はおよそ100Jであり、パルス幅は約5マイクロ秒である。レーザー光9はSi基板1・2cに照射され、斜線で示され部分がアニールされる。

【効果】 レーザ光1パルスで、Si基板全面をアニールすることができるため、アニール処理に要する時間が従来に比べて桁違いに短縮され、単位時間当りのアニール処理できるSi基板の枚数が大幅に増加した。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】フラッシュランプ励起の色素レーザを用いて、シリコンから成る膜をアニールすることを特徴とするレーザアニールの方法。

【請求項 2】請求項 1 において、クマリン系の色素を含んだ色素溶液をレーザ媒質とし、キセノンフラッシュランプを励起光源とするレーザアニールの方法。

【請求項 3】請求項 1 において、波長  $0.5 \mu$  以下の波長帯において高い透過率、かつ波長  $0.5 \mu$  以上の波長帯において高い反射率を有するコーティングが施されたチューブの中に前記キセノンフラッシュランプが挿入されるレーザアニールの方法。

【請求項 4】色素セルが互いに平行な 2 枚の平面ガラスを含み、前記平面ガラスの外側面でレーザ光がジグザグに全反射を繰り返して進むことを特徴とする色素レーザ装置。

【請求項 5】請求項 4 の前記色素レーザ装置を用いる請求項 1 のレーザアニールの方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はレーザアニールの方法、及び色素レーザ装置に係り、特に、シリコンから成る膜（以下 S i 基板と示す。）にトランジスタ（一般に T F T と呼ばれる。）を形成する場合に行う S i 基板のレーザアニールの方法、及びこの方法に用いる色素レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、アモルファスシリコン膜を再結晶化させる一つ的手段としてレーザアニールがある。これによると、チャンネル層となる S i 膜を非晶質状態でガラス基板上に堆積した後、レーザ光を照射してこの S i 膜を多結晶に改質することで、電子の移動度を高くすることができる。

【0003】従来、この種のレーザアニールには、エキシマレーザ（例えば波長  $0.248 \mu$  あるいは波長  $0.308 \mu$  などがある。）やアルゴンイオンレーザ（おもな発振波長は  $0.514 \mu$  である。）などの様に、レーザ光がシリコンに強く吸収される波長約  $0.5 \mu$  以下において平均出力数 W 以上が得られる高出力レーザが用いられてきた。

【0004】エキシマレーザでアニールする場合、通常、およそ  $0.2 \text{ J/cm}^2$  の強度でレーザ光を照射する必要がある。これに対して、一般に市販されている放電励起のエキシマレーザでは、通常数 J 程度までのレーザ出力が得られるため、パルス光 1 発の照射で、最大数  $\text{cm}^2$  角の部分アニールできる。そのため、数十  $\text{cm}^2$  四方の大きさである S i 基板の全面をアニールするためには、パルスごとに照射位置を変えて、複数発レーザ光を照射する必要がある。

【0005】また、A r レーザを用いる場合は、以下で

説明する二つの理由から、照射させるレーザ光の強度を高くするために、レーザ光をレンズにより小さく集光させる必要がある。つまり、A r レーザから取り出されるレーザ光は、数 W 程度の連続出力（以下 C W と示す。）であるため、数 MW 以上のピークパワーを有するエキシマレーザに比べてパワーが数桁も小さい。そこで、レーザ光を直径数十  $\mu$  以下程度の小さなスポットに集光させてレーザ光強度を高め、レーザ光を照射させながら、レーザ光あるいは S i 基板を動かすことで、S i 基板全面が照射される様にしていた。

【0006】尚、この種に関しては、1991 年 10 月 9 日～12 日に岡山大学で行なわれた「1991 年秋季第 52 回応用物理学学会学術講演会」の講演予稿集 No. 2 P 800、11 a - R G - 7、及び P 801、11 a - R G - 8 に記載されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】基板上にパルス状のレーザ光を複数発照射させる場合、レーザ光が全く照射されない部分が生じない様にするために、パルス毎のレーザ光の照射領域が僅かに重なり合う様にする。その結果、レーザ光が 2 度照射される部分が生じ、この部分ではアニール処理後に電気的特性がばらつくことがあった。

【0008】これに対して、大きさが数十  $\text{cm}^2$  四方の S i 基板の全面を 1 パルスのレーザ光でアニールさせるならば、100 J 程度のレーザ出力が要求される。ところが、この程度のレーザ出力を、一般に市販されている放電励起のエキシマレーザから取り出すことは以下の理由から困難である。つまり、放電励起のエキシマレーザでは、レーザ出力を増すために、単に放電体積を増加させるだけでは、放電の不安定性や不均一性が生じるからである。また、エキシマレーザでも電子ビームで励起させる方式のものでは、100 J 以上のレーザ出力を取り出すことができるが、装置が大型化し、しかも高価になるなどの問題点があった。

【0009】また、A r レーザを用いる方法では、以下に説明する問題があった。

【0010】直径数十  $\mu$  程度に小さいスポット径で照射させるため、1 回のスキャンでは、数十  $\mu$  程度に細い帯状にアニールされるため、基板全面をアニールするには、数千回もスキャンする必要があり、スループットの点が問題となっていた。

【0011】また、エキシマレーザを用いる場合、通常、取り出されるレーザ光のパルス幅は数十ノナ秒であり、この程度の短パルスでは、レーザ光の照射により、S i 基板の表面が急激に温度上昇し、S i の蒸発などのアブレーションが起こり、良質なアニールができないことがあった。しかも、レーザ光が不均一な強度分布になることがあり、その結果、良質なアニールが施されなくなるため、従来、レーザ光の強度分布を均一化するビーム

3

ホモジナイザなどが利用されていた。

【0012】次に、従来の色素レーザにおける問題点の一つを説明する。色素レーザでは、発振して取り出されるレーザ光の強度分布は、色素セルの大きさや色素溶液の濃度（以下色素濃度と示す。）などに左右されるが、以下の理由から、均一な強度分布のレーザ光を効率良く取り出すのが困難なこともあった。色素濃度が高すぎると、色素セル内部の中心部まで励起光が十分浸透できないため、この中心部ではレーザの利得が低くなる。その結果、取り出されるレーザ光の強度分布において、中心部が弱くなることがある。これに対して、色素濃度が低すぎると、色素セル内部の中心部まで励起光が浸透できても、色素セルを突き抜けて透過してしまう励起光の割合が高くなっていき、その結果、レーザ動作に利用されない励起光が増えて、レーザの効率が低下していくことがあった。

【0013】本発明の目的は以上に説明した問題を解決することであり、エキシマレーザを用いずに、数十cm四方の大きさのS i基板の全面に対して、レーザ光を1パルス照射するだけで良質なアニールができる方法を提供し、さらに均一な強度分布を有するレーザ光を効率良く発生できる色素レーザを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成させるために、フラッシュランプ励起の色素レーザ装置を用いて、アニールするものである。

【0015】また、波長 $0.5\mu$ 以下のレーザ光を取り出すために、クーマリン系の色素を含んだ色素溶液をレーザ媒質として、励起光源にはキセノンフラッシュランプを用いたものである。

【0016】また、クーマリン系の色素をさらに効率良く励起するために、波長 $0.5\mu$ 以下のある波長帯において高い透過率を有し、かつ波長 $0.5\mu$ 以上のある波長帯において高い反射率を有するコーティングが施されたチューブの中に、キセノンフラッシュランプを挿入したものである。

【0017】また、均一な強度分布を有するレーザ光を効率良く発生させるために、色素セルが互いに平行な2枚の平面ガラスを含み、平面ガラスの外側面でレーザ光がジグザグに全反射を繰り返して進ませたものである。

【0018】

【作用】フラッシュランプ励起の色素レーザ装置では、色素溶液の体積に比例させて、フラッシュランプの本数を増やしたり、フラッシュランプに長いものを用いるだけで、色素溶液全体を励起できるため、レーザ出力を容易に増加させることができる。

【0019】また、色素レーザ装置では、色素の種類によって発振波長をコントロールすることができるため、クーマリン系の色素を用いることで、波長 $0.5\mu$ 以下のレーザ光を効率良く取り出すことができる。

4

【0020】また、キセノンフラッシュランプの発光スペクトルには、波長 $0.2\mu$ から $0.5\mu$ の紫外光を含むため、波長 $0.5\mu$ 以下に吸収帯を有するクーマリン系の色素を励起することができる。

【0021】また、キセノンフラッシュランプから放射される光は、チューブのコーティング面に入射するため、波長 $0.5\mu$ 以下の光は色素溶液に達するが、それ以上の波長の励起光はチューブで反射して、再びキセノンフラッシュランプ内に戻され、フラッシュランプ内のプラズマの加熱に寄与する。その結果、放射される全光量が増加するため、波長 $0.5\mu$ 以下の光の量も増して、クーマリン系の色素をより強く励起できる。

【0022】また、一般に色素レーザでは、励起光が照射されている間、レーザ動作できる場合が多く、レーザ光のパルス幅は、励起光のパルス幅に比例する。これに対して、通常キセノンフラッシュランプでは数マイクロ秒以上の間発光するため、取り出されるレーザ光に対しても数マイクロ秒以上のパルス幅を持たせることができる。それにより、アブレーションを抑制できる。

【0023】また、色素レーザにおいて、レーザ光が色素セル内部で、ジグザグに全反射を繰り返しながら進ませることができるので、レーザ光の特性は、固体レーザの一種であるスラブレザが有する特性と同様に、均一な強度分布になる。つまり、色素溶液は、励起される際に、色素セル内の色素溶液において励起光が入射される壁面の近くが強く、中心部が弱い不均一な励起分布となる。ところがレーザ光は励起強度の強い部分と弱い部分を交互に進むため、不均一な増幅特性が平均化され、取り出されるレーザ光は、均一な光強度分布をもつようになる。

【0024】さらに、色素レーザ装置では、色素溶液を冷却させながら循環させることができるため、色素溶液中を通過するレーザ光が熱レンズ効果の影響を受なくなり、スラブレザとは異なり、ジグザグに全反射を繰り返す方向と直交する方向にも、均一な強度分布になる。

【0025】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【0026】図1は、本発明の一実施例としてレーザアニールの一つの方法を示した斜視図である。

【0027】この方法でレーザアニールの光源として用いられている色素レーザ装置2は、本発明に基づくものであり、クーマリン系の色素がメタノールに溶解した色素溶液が用いられている。色素溶液は、注入管4aから入り、色素セル3内を流れて、排出管4bから出る。励起光源は多数のキセノンフラッシュランプ5a、5bが用いられている。また、各キセノンフラッシュランプ5a、5bは、外周面にコーティングが施されたチューブ6a、6bの中に挿入されている。このコーティングの特性は、 $0.2$ から $0.4\mu$ の波長帯の垂直入射光に対し

て95%以上の透過率を有し、かつ0.6 $\mu$ から0.9 $\mu$ の波長帯の垂直入射光に対して90%以上の反射率を有する特性となっている。これにより、キセノンフラッシュランプ5a、5bから発光する励起光の内、0.2 $\mu$ から0.4 $\mu$ の波長帯の光のほとんどは、チューブ6a、6bを透過して、色素セル3内の色素溶液に吸収される。クーマリン系の色素は紫外光を吸収して励起されると、波長0.4 $\mu$ 前後でレーザ発振させることができる。また、キセノンフラッシュランプ5a、5bから発光する励起光の内、0.6 $\mu$ から0.9 $\mu$ の波長帯の光のほとんどは、コーティングが施されたチューブ6a、6bのコーティング面で反射するため、再びキセノンフラッシュランプ5a、5b中に戻され、内部のプラズマに吸収される。その結果、プラズマの温度が上昇し、発光スペクトルが短波長化するため、0.2 $\mu$ から0.4 $\mu$ の波長帯の光の量が増す。それにより、色素溶液が一層強く励起される。

【0028】尚、キセノンフラッシュランプ5a、5bのランプ管とチューブ6a、6bは石英ガラスから成るため、それにより0.2 $\mu$ から0.4 $\mu$ の波長帯の光はほとんど吸収されない。

【0029】レーザの共振器は凹面状をした全反射鏡7と出力鏡8とで構成されており、キセノンフラッシュランプ5a、5bを発光させてレーザ動作させると、レーザ光9が取り出される。ここではレーザ光9の出力はおよそ100Jであり、パルス幅はキセノンフラッシュランプ5a、5bの発光時間に比例し、ここでは約5マイクロ秒である。

【0030】レーザ光9はミラー10で下方に向けられ、レンズ11を通過して抜けられ、Si基板12cの斜線で示され部分に照射され、この部分がアニールされる。また、レーザ光9は長方形断面を有しているため、断面形状を補正することなく、長方形形状をしたSi基板12cのほぼ全面に対応でき、レーザ光9の全てがアニールに利用される。尚、Si基板12a、12b、12cはベルトコンベア13に載せられており、常に移動している。

【0031】各Si基板はレーザ光1パルスでアニールされるが、レーザ光のパルス幅の間にSi基板が移動する距離は0.01mm程度であるため、レーザ光を照射させる度に、ベルトコンベア13を停止させる必要が無い。それにより、ベルトコンベア13のスピードと色素レーザ装置2の繰返し数を増やすことで、単位時間にアニール処理されるSi基板の枚数をいくらかでも増やすことができる。

【0032】本実施例では、Si基板の寸法は、縦25cm、横40cmであるため、アニールに必要なレーザ出力は約100Jに達する。この程度の出力を、一般的な市販の放電励起エキシマレーザから取り出すことは極めて困難である。しかし、本方法では、フラッシュランプ励

起の色素レーザを用いているため、色素溶液が滴される色素セル3に大容積のものを用いて、かつ、内部の色素溶液の全体が励起される様にすることで、100Jを越すレーザ出力を取り出すことができる。それには、図1に示された様に、色素セル3には図で左右方向に長いものを用いており、それに対応させてキセノンフラッシュランプ5a、5bもそれぞれ5本ずつ用いている。また、レーザ出力をさらに増加させるには、キセノンフラッシュランプ5a、5bの本数を増したり、あるいは、色素セル3をレーザ光9と直交する方向に長くして、それに対応する様な長いキセノンフラッシュランプ5a、5bを用いれば良い。

【0033】次に、図2を用いて本発明の色素レーザ装置一実施例を説明する。

【0034】図2は図1に示された色素レーザ装置2の断面図である。

【0035】共振器内のレーザ光9'は、図2に示されている様に、色素セル3を構成する石英ガラス製のプリースタ窓3a、3bを通過して、色素セル3の内部に進み、色素セル3を構成する互いに平行な2枚の平面状の石英ガラス3c、3dの外側面で、ジグザグに全反射を繰り返しながら進ませることができる。これは、石英ガラス3c、3dの屈折率よりも、色素セル3の周囲の空気屈折率が低いために、これらの境界で全反射させることができるからである。色素溶液4は、キセノンフラッシュランプ5a、5bで励起される際に、色素セル3の上下の壁面近くが強く励起され、中間部が弱くなり、X方向に不均一な励起分布となる。ところがX方向にジグザグにレーザ光が進むことで、レーザ光は励起強度の強い部分と弱い部分とを交互に進むため、進む経路に依らずに増幅特性はほぼ平均化され、取り出されるレーザ光9はX方向に関して均一な光強度分布を有する様になる。

【0036】また、図2でX方向とZ方向の両方に直交するY方向（図示せず）に関しても、以下で説明することから均一な強度分布になる。

【0037】色素レーザ装置2では、色素溶液4が常に流れているため、キセノンフラッシュランプ5a、5bからの励起光が色素溶液に照射されても、色素溶液自体の温度上昇を数度以内に抑制することができる。それには、色素溶液4を色素セル3の外部で冷却させることができるからである。その結果、色素溶液中を通過するレーザ光が熱レンズ効果の影響を受なくなり、以下に説明する様に、一般的なスラブレザに生じる問題は起こらない。

【0038】スラブレザでは、スラブ状の固体レーザ媒質が励起光の照射により加熱されるため、一般に、スラブの側面に冷却水が接触する様に冷却する。しかし、スラブ内部の温度は、冷却水が接触している側面付近で低く、スラブ内部の中心に近づくにつれて高くなり、不

7

均一な温度分布が生じ易い。それにより、熱レンズ効果が生じて、レーザ光がスラブ内部でジグザグに進む方向と直交する方向に関しては、レーザ光の強度分布が不均一になってしまうことがあった。

【0039】これに対して、色素レーザ装置2では、上述した様に、X方向にもY方向にも均一な強度分布になる。

【0040】

【発明の効果】本発明のアニール方法によると、レーザ光1パルスでS1基板全面をアニールすることができるため、アニール処理に要する時間が従来に比べて短縮され、単位時間当たりのアニール処理できるS1基板の枚数が増加した。

【0041】また、エキシマレーザに比べて1から2桁程度長いパルス幅のレーザ光が取り出せるため、S1の膜をアブレーションさせずに良質なアニールができる様になった。

【0042】また、本発明の色素レーザ装置では、全面

8

が均一な強度分布で長方形断面のレーザ光を発生できる様になった。それにより、ビームホモジナイザなどを用いなくても、良質なアニールができ、しかも、ビームの断面形状を整形する装置などに通さずとも、取り出されるレーザ光の全てを過不足無くアニールに利用することができる様になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザアニールの方法を示した斜視図。

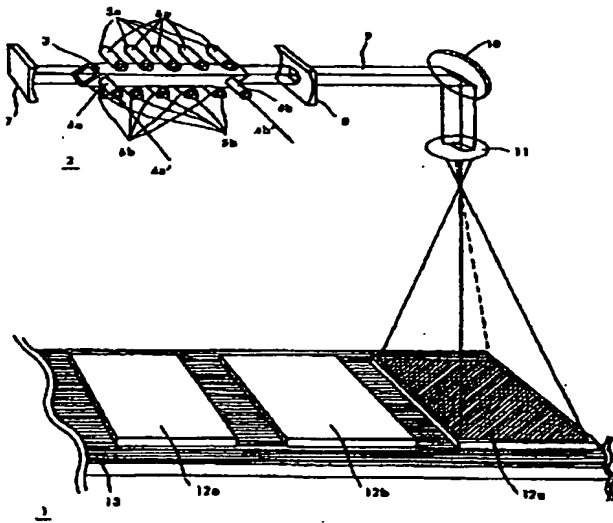
10 【図2】本発明の色素レーザ装置の断面図。

【符号の説明】

2…色素レーザ装置、3…色素セル、4a…注入管、4b…排出管、4a'、4b'…色素溶液の流れを示す矢印、5a、5b…キセノンフラッシュランプ、6a、6b…コーティングが施されたチューブ、7…全反射鏡、8…出力鏡、9…レーザ光、10…ミラー、11…レンズ、12a、12b、12c…S1基板、13…ベルトコンベア。

【図1】

図 1



【図2】

図 2

